

Rec'd PCT/PTO

日本国特許庁
JAPAN PATENT OFFICE

REC'D 04 APR 2003

WIPO PCT

別紙添付の書類に記載されている事項は下記の出願書類に記載されている事項と同一であることを証明する。

This is to certify that the annexed is a true copy of the following application as filed with this Office

出願年月日

Date of Application: 2002年 3月12日

出願番号

Application Number: 特願2002-066518

[ST.10/C]:

[JP2002-066518]

出願人

Applicant(s):

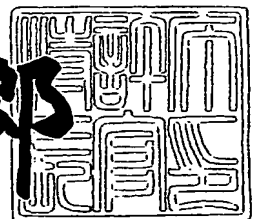
東京エレクトロン株式会社
八坂 保能
高橋 応明
安藤 真

**PRIORITY
DOCUMENT**
SUBMITTED OR TRANSMITTED IN
COMPLIANCE WITH RULE 17.1 (a) OR (b)

2003年 2月25日

特許庁長官
Commissioner,
Japan Patent Office

太田信一郎



出証番号 出証特2003-3010920

BEST AVAILABLE COPY

【書類名】 特許願

【整理番号】 JPP010228

【提出日】 平成14年 3月12日

【あて先】 特許庁長官殿

【国際特許分類】 H05H 1/46

【発明者】

 【住所又は居所】 東京都港区赤坂五丁目3番6号 TBS放送センター
東京エレクトロン株式会社内

 【氏名】 石井 信雄

【発明者】

 【住所又は居所】 京都府宇治市木幡須留5-107

 【氏名】 八坂 保能

【発明者】

 【住所又は居所】 千葉県八千代市緑が丘5丁目4番12号

 【氏名】 高橋 応明

【発明者】

 【住所又は居所】 神奈川県川崎市幸区小倉1番地1 I-312

 【氏名】 安藤 真

【特許出願人】

 【識別番号】 000219967

 【氏名又は名称】 東京エレクトロン株式会社

【特許出願人】

 【識別番号】 599019546

 【氏名又は名称】 八坂 保能

【特許出願人】

 【識別番号】 501023030

 【氏名又は名称】 高橋 応明

【特許出願人】

 【識別番号】 000117674

【氏名又は名称】 安藤 真

【代理人】

【識別番号】 100064621

【弁理士】

【氏名又は名称】 山川 政樹

【電話番号】 03-3580-0961

【手数料の表示】

【予納台帳番号】 006194

【納付金額】 21,000円

【提出物件の目録】

【物件名】 明細書 1

【物件名】 図面 1

【物件名】 要約書 1

【包括委任状番号】 9813743

【プルーフの要否】 要

【書類名】 明細書

【発明の名称】 プラズマ処理装置およびプラズマ生成方法

【特許請求の範囲】

【請求項 1】 スロットアンテナのアンテナ面に複数形成されたスロットから処理容器内に電磁界を供給しプラズマを生成するプラズマ処理装置において、
前記スロットの放射係数が、前記アンテナ面の径方向で、前記アンテナ面の中心部から周縁部へ向かう途中の第 1 の中間部まで単調に増加し、前記第 1 の中間部から前記周縁部へ向けて前記第 1 の中間部での値を維持することを特徴とするプラズマ処理装置。

【請求項 2】 請求項 1 記載のプラズマ処理装置において、
前記スロットの長さは、前記アンテナ面の前記中心部から前記第 1 の中間部まで単調に変化し、前記第 1 の中間部から前記周縁部へ向けて前記第 1 の中間部での長さを維持することを特徴とするプラズマ処理装置。

【請求項 3】 請求項 2 記載に記載されたプラズマ処理装置において、
前記スロットアンテナ内における電磁界の波長を λ_g とすると、前記スロットの長さ L が、

$$L \leq \lambda_g / 2$$

または

$$(N / 2 + 1 / 4) \times \lambda_g \leq L \leq (N + 1) \times \lambda_g / 2 \quad (N \text{ は自然数})$$

の場合、前記スロットの長さは、前記中心部から前記第 1 の中間部まで単調に増加することを特徴とするプラズマ処理装置。

【請求項 4】 請求項 2 記載に記載されたプラズマ処理装置において、
前記スロットアンテナ内における電磁界の波長を λ_g とすると、前記スロットの長さ L が、

$$L \leq \lambda_g / 2$$

または

$$(N / 2 + 1 / 4) \times \lambda_g \leq L \leq (N + 1) \times \lambda_g / 2 \quad (N \text{ は自然数})$$

の場合、前記アンテナ面の最も内側のスロットから前記アンテナ面の径方向の任意のスロットまで各スロットの長さがその内側のスロットの長さより長く、前記

任意のスロットから前記アンテナ面の最も外側のスロットへ向けて各スロットの長さが前記任意のスロットの長さと等しいことを特徴とするプラズマ処理装置。

【請求項 5】 請求項 2 記載に記載されたプラズマ処理装置において、

前記スロットアンテナ内における電磁界の波長を λ_g とすると、前記スロットの長さ L が、

$$N \times \lambda_g / 2 \leq L \leq (N / 2 + 1 / 4) \times \lambda_g \quad (N \text{ は自然数})$$

の場合、前記スロットの長さは、前記中心部から前記第 1 の中間部まで単調に減少することを特徴とするプラズマ処理装置。

【請求項 6】 請求項 2 記載に記載されたプラズマ処理装置において、

前記スロットアンテナ内における電磁界の波長を λ_g とすると、前記スロットの長さ L が、

$$N \times \lambda_g / 2 \leq L \leq (N / 2 + 1 / 4) \times \lambda_g \quad (N \text{ は自然数})$$

の場合、前記アンテナ面の最も内側のスロットから前記アンテナ面の径方向の任意のスロットまで各スロットの長さがその内側のスロットの長さより短く、前記任意のスロットから前記アンテナ面の最も外側のスロットへ向けて各スロットの長さが前記任意のスロットの長さと等しいことを特徴とするプラズマ処理装置。

【請求項 7】 請求項 1 に記載されたプラズマ処理装置において、

前記スロットの放射係数が、前記アンテナ面の径方向で、前記アンテナ面の前記第 1 の中間部から前記周縁部へ向かう途中の第 2 の中間部まで前記第 1 の中間部での値を維持し、前記第 2 の中間部から前記周縁部まで単調に減少することを特徴とするプラズマ処理装置。

【請求項 8】 請求項 7 に記載されたプラズマ処理装置において、

前記スロットの長さは、前記アンテナ面の前記中心部から前記第 1 の中間部まで単調に変化し、前記第 1 の中間部から前記第 2 の中間部まで前記第 1 の中間部での長さを維持し、前記第 2 の中間部から前記周縁部まで前記中心部から前記第 1 の中間部とは逆に単調に変化することを特徴とするプラズマ処理装置。

【請求項 9】 請求項 8 記載に記載されたプラズマ処理装置において、

前記スロットアンテナ内における電磁界の波長を λ_g とすると、前記スロットの長さ L が、

$$L \leq \lambda g / 2$$

または

$$(N / 2 + 1 / 4) \times \lambda g \leq L \leq (N + 1) \times \lambda g / 2 \quad (N \text{ は自然数})$$

の場合、前記スロットの長さは、前記第2の中間部から前記周縁部まで単調に減少することを特徴とするプラズマ処理装置。

【請求項10】 請求項8記載に記載されたプラズマ処理装置において、

前記スロットアンテナ内における電磁界の波長を λg とすると、前記スロットの長さ L が、

$$L \leq \lambda g / 2$$

または

$$(N / 2 + 1 / 4) \times \lambda g \leq L \leq (N + 1) \times \lambda g / 2 \quad (N \text{ は自然数})$$

の場合、前記アンテナ面の最も内側のスロットから前記アンテナ面の径方向の前記第1の中間部のスロットまで各スロットの長さがその内側のスロットの長さより長く、前記第1の中間部のスロットから前記径方向の前記第2の中間部のスロットまで各スロットの長さが前記第1の中間部のスロットの長さと同しく、前記第2の中間部のスロットから前記径方向の最も外側のスロットまで各スロットの長さがその内側のスロットの長さより短いことを特徴とするプラズマ処理装置。

【請求項11】 請求項8記載に記載されたプラズマ処理装置において、

前記スロットアンテナ内における電磁界の波長を λg とすると、前記スロットの長さ L が、

$$N \times \lambda g / 2 \leq L \leq (N / 2 + 1 / 4) \times \lambda g \quad (N \text{ は自然数})$$

の場合、前記スロットの長さは、前記第2の中間部から前記周縁部まで単調に増加することを特徴とするプラズマ処理装置。

【請求項12】 請求項8記載に記載されたプラズマ処理装置において、

前記スロットアンテナ内における電磁界の波長を λg とすると、前記スロットの長さ L が、

$$N \times \lambda g / 2 \leq L \leq (N / 2 + 1 / 4) \times \lambda g \quad (N \text{ は自然数})$$

の場合、前記アンテナ面の最も内側のスロットから前記アンテナ面の径方向の前記第1の中間部のスロットまで各スロットの長さがその内側のスロットの長さより

り短く、前記第 1 の中間部のスロットから前記径方向の前記第 2 の中間部のスロットまで各スロットの長さが前記第 1 の中間部のスロットの長さと同しく、前記第 2 の中間部のスロットから前記径方向の最も外側のスロットまで各スロットの長さがその内側のスロットの長さより長いことを特徴とするプラズマ処理装置。

【請求項 1 3】 スロットアンテナのアンテナ面に複数形成されたスロットから処理容器内に電磁界を供給しプラズマを生成するプラズマ生成方法において

前記スロットの放射係数が、前記アンテナ面の径方向で、前記アンテナ面の中心部から周縁部へ向かう途中の第 1 の中間部まで単調に増加し、前記第 1 の中間部から前記周縁部へ向けて前記第 1 の中間部での値を維持するスロットアンテナを用いることを特徴とするプラズマ処理装置。

【請求項 1 4】 請求項 1 3 に記載されたプラズマ生成方法において、

前記スロットの放射係数が、前記アンテナ面の径方向で、前記アンテナ面の前記第 1 の中間部から前記周縁部へ向かう途中の第 2 の中間部まで前記第 1 の中間部での値を維持し、前記第 2 の中間部から前記周縁部まで単調に減少するスロットアンテナを用いることを特徴とするプラズマ処理装置。

【発明の詳細な説明】

【0 0 0 1】

【発明の属する技術分野】

本発明は、プラズマ処理装置およびプラズマ生成方法に関し、より詳しくは、スロットアンテナを用いて処理容器内に電磁界を供給しプラズマを生成するプラズマ処理装置およびプラズマ生成方法に関する。

【0 0 0 2】

【従来の技術】

半導体装置やフラットパネルディスプレイの製造において、酸化膜の形成や半導体層の結晶成長、エッチング、またアッシングなどの処理を行うために、プラズマ処理装置が多用されている。これらのプラズマ処理装置の一つに、処理容器内に高周波電磁界を供給し、その作用により処理容器内のガスを電離および解離させてプラズマを生成する高周波プラズマ処理装置がある。この高周波プラズマ

処理装置は、低圧力で高密度のプラズマを生成できるので、効率のよいプラズマ処理が可能である。

【0003】

図8は、処理容器内に高周波電磁界を供給するために従来から用いられる電磁界供給装置の一構成例を示す図である。この図に示す電磁界供給装置510は、高周波電磁界を発生する高周波発生器511と、この高周波発生器511に一端が接続された円筒導波管512と、この円筒導波管512に設けられた円偏波変換器513および負荷整合器514と、円筒導波管512の他端に接続されたラジアルラインスロットアンテナ（以下、RLSAと略記する）515とから構成されている。

【0004】

RLSA515は、円筒導波管512から導入される高周波電磁界を処理容器（図示せず）内に供給するものである。具体的には、ラジアル導波路521を形成する互いに平行な2つの円形導体板522、523と、これら2つの導体板522、523の外周部を接続し高周波電磁界をシールドする導体リング524とを有している。導体板522の中心部には、円筒導波管512からラジアル導波路521に高周波電磁界を導入する開口525が形成され、導体板523には、ラジアル導波路521を伝搬する高周波電磁界を処理容器内に供給するスロット526が複数形成されている。導体板523とスロット526とからアンテナ面528が構成される。

【0005】

高周波発生器511で発生した高周波電磁界は、円筒導波管512を TE_{11} モードで伝搬し、円偏波変換器513により回転電磁界に変換され、RLSA515に導入される。RLSA515に導入された高周波電磁界は、ラジアル導波路521を放射状に伝搬しつつ、スロット526を介して処理容器内に供給される。処理容器内では、供給された高周波電磁界によりガスが電離してプラズマが生成され、被処理体に対するプラズマ処理が行われる。

一方、処理容器内に供給されなかった高周波電磁界の一部は、反射電磁界F1としてRLSA515から円筒導波管513を戻っていく。しかし、負荷整合器

514により供給側と負荷側とのインピーダンスの整合をとることにより、反射電磁界F1を負荷整合器514により再度反射して、RLSA515からの反射電磁界F1を負荷整合器514からRLSA515へ向かう反射電磁界F2により打ち消すことができる。

【0006】

【発明が解決しようとする課題】

しかしながら、反射電磁界F1の電力（反射電力）が大きくなると、負荷整合器514により反射電磁界F1の全電力を反射することができず、反射電磁界F2により反射電磁界F1を完全に打ち消すことができなくなり、負荷整合器514とRLSA515との間に定在波ができる。その結果、この定在波によってRLSA515のアンテナ面528の中心部に電流が発生し、その部分が局所的に発熱することによりアンテナ面528が歪むと、RLSA515による高周波電磁界の放射方向が変化し、処理容器内に所望のプラズマ分布を形成できないという問題があった。

本発明はこのような課題を解決するためになされたものであり、その目的は、スロットアンテナからの反射電力を低減することにある。

【0007】

【課題を解決するための手段】

このような目的を達成するために、本発明のプラズマ処理装置は、スロットアンテナのアンテナ面に複数形成されたスロットの放射係数が、アンテナ面の径方向で、アンテナ面の中心部から周縁部へ向かう途中の第1の中間部まで単調に増加し、第1の中間部から周縁部へ向けて第1の中間部での値を維持することを特徴とする。

ここにスロットの放射係数は、スロット近傍におけるスロットアンテナ内の高周波電磁界の電力と、そのスロットを介してスロットアンテナ外に放射される（またはリークする）高周波電磁界の電力（放射電力という）との比で定義され、アンテナ内の電力に対しそのスロットからの放射電力が大きいほど大きな値となる。

また第1の中間部とは、アンテナ面の最も内側のスロットと、最も外側のスロ

ットとの間に配置された任意のスロットの位置をいう。

【0008】

したがって、上述したようにスロットの放射係数をアンテナ面の中心部から径方向において単調に増加させ第1の中間部で最大値とし、第1の中間部から周縁部へ向けて最大値を維持させることにより、スロットの放射係数をアンテナ面の中心部から周縁部まで単調に増加させた場合と比較して、高周波電磁界が中心部から周縁部まで伝搬する間にスロットアンテナから放射される（またはリークする）電力が増大する。したがって、スロットアンテナから放射されずにスロットアンテナ内に残る電力は減少するので、スロットアンテナに高周波電磁界を供給する給電部への反射電力は小さくなる。

【0009】

アンテナの放射係数は、スロットの長さにより調整することができる。したがって、スロットの長さが、アンテナ面の中心部から第1の中間部まで単調に変化し、第1の中間部から周縁部へ向けて第1の中間部での長さを維持する構成としてもよい。

【0010】

一般に、スロットの長さ L が $N \times \lambda_g / 2$ （ λ_g はスロットアンテナ内における電磁界の波長、 N は自然数である。以下同じ）のとき、スロットが共振し放射係数が極大となるため、スロットの長さ L が $N \times \lambda_g / 2$ に近づくほど放射係数は大きくなる。

したがって、スロットの長さ L が、（1）式または（2）式で表される範囲内の場合、スロットの長さが、中心部から第1の中間部まで単調に増加する構成としてもよい。

$$L \leq \lambda_g / 2 \quad \dots (1)$$

$$(N / 2 + 1 / 4) \times \lambda_g \leq L \leq (N + 1) \times \lambda_g / 2 \quad \dots (2)$$

または、アンテナ面の最も内側のスロットからアンテナ面の径方向の任意のスロットまで各スロットの長さがその内側のスロットの長さより長く、任意のスロットからアンテナ面の最も外側のスロットへ向けて各スロットの長さが上記任意のスロットの長さと同じ構成としてもよい。

【 0 0 1 1 】

また、スロットの長さ L が、(3)式で表される範囲内の場合、スロットの長さが、中心部から第1の中間部まで単調に減少する構成としてもよい。

$$N \times \lambda_g / 2 \leq L \leq (N / 2 + 1 / 4) \times \lambda_g \quad \cdots (3)$$

または、アンテナ面の最も内側のスロットからアンテナ面の径方向の任意のスロットまで各スロットの長さがその内側のスロットの長さより短く、任意のスロットからアンテナ面の最も外側のスロットへ向けて各スロットの長さが上記任意のスロットの長さと同じ構成としてもよい。

【 0 0 1 2 】

上述したプラズマ処理装置において、処理容器内の外周部すなわち側壁付近でのプラズマ密度がより高くなっている場合は、スロットの放射係数が、アンテナ面の径方向で、アンテナ面の第1の中間部から周縁部へ向かう途中の第2の中間部まで第1の中間部での値を維持し、第2の中間部から周縁部まで単調に減少するようにしてもよい。ここに第2の中間部とは、第1の中間部に配置されたスロットと、アンテナ面の最も外側のスロットとの間に配置された任意のスロットの位置をいう。この場合、アンテナ面の周縁部付近に配置されたスロットの放射係数が減少するので、処理容器の側壁付近でのプラズマ生成が抑制される。

また、スロットの長さが、アンテナ面の中心部から第1の中間部まで単調に変化し、第1の中間部から第2の中間部まで第1の中間部での長さを維持し、第2の中間部から周縁部まで中心部から第1の中間部とは逆に単調に変化する構成としてもよい。

【 0 0 1 3 】

また、スロットの長さ L が、上記(1)式または(2)式で表される範囲内の場合、スロットの長さが、第2の中間部から周縁部まで単調に減少する構成としてもよい。

または、アンテナ面の最も内側のスロットからアンテナ面の径方向の第1の中間部のスロットまで各スロットの長さがその内側のスロットの長さより長く、第1の中間部のスロットから径方向の第2の中間部のスロットまで各スロットの長さが第1の中間部のスロットの長さと同じく、第2の中間部のスロットから径方

向の最も外側のスロットまで各スロットの長さがその内側のスロットの長さより短い構成としてもよい。

【0014】

また、スロットの長さ L が、上記（3）式で表される範囲内の場合、スロットの長さ L が、第2の中間部から周縁部まで単調に増加する構成としてもよい。

または、アンテナ面の最も内側のスロットからアンテナ面の径方向の第1の中間部のスロットまで各スロットの長さがその内側のスロットの長さより短く、第1の中間部のスロットから径方向の第2の中間部のスロットまで各スロットの長さが第1の中間部のスロットの長さと等しく、第2の中間部のスロットから径方向の最も外側のスロットまで各スロットの長さがその内側のスロットの長さより長い構成としてもよい。

【0015】

また、本発明のプラズマ生成方法は、アンテナ面に複数形成されたスロットの放射係数が、アンテナ面の径方向で、アンテナ面の中心部から周縁部へ向かう途中の第1の中間部まで単調に増加し、第1の中間部から周縁部へ向けて第1の中間部での値を維持するスロットアンテナを用いることを特徴とする。

また、スロットの放射係数が、アンテナ面の径方向で、アンテナ面の第1の中間部から周縁部へ向かう途中の第2の中間部まで第1の中間部での値を維持し、第2の中間部から周縁部まで単調に減少するスロットアンテナを用いてもよい。

【0016】

【発明の実施の形態】

以下、図面を参照して、本発明の実施の形態について詳細に説明する。

【0017】

（第1の実施の形態）

図1～図4を参照し、本発明にかかるプラズマ処理装置の第1の実施の形態について説明する。図1は、この形態の全体構成を示す図である。このプラズマ処理装置は、被処理体である半導体やLCDなどの基板4を収容しこの基板4に対しプラズマ処理を施す処理容器1と、この処理容器1内に高周波電磁界Fを供給

しその作用により処理容器 1 内にプラズマ P を生成する電磁界供給装置 1 0 とを有している。

【 0 0 1 8 】

処理容器 1 は、上部が開口した有底円筒形をしている。この処理容器 1 の底面中央部には絶縁板 2 を介して基板台 3 が固定されている。この基板台 3 の上面に基板 4 が配置される。

処理容器 1 の底面周縁部には、真空排気用の排気口 5 が設けられている。処理容器 1 の側壁には、処理容器 1 内にガスを導入するためのガス導入用ノズル 6 が設けられている。例えばこのプラズマ処理装置がエッチング装置として用いられる場合、ノズル 6 から A r などのプラズマガスと、C F₄ などのエッチングガスとが導入される。

【 0 0 1 9 】

処理容器 1 の上部開口は、処理容器 1 内で生成されるプラズマ P が外部に漏れないように、誘電体板 7 で閉塞されている。この誘電体板 7 の上に電磁界供給装置 1 0 の R L S A 1 5 が配設されている。誘電体板 7 および R L S A 1 5 の外周は、処理容器 1 の側壁上に環状に配置されたシールド材 8 によって覆われ、高周波電磁界 F が外部に漏れない構造になっている。

【 0 0 2 0 】

電磁界供給装置 1 0 は、R L S A 1 5 とその給電部とから構成されている。給電部はさらに、高周波発生器 1 1 と、この高周波発生器 1 1 と R L S A 1 5 との間に接続された円筒導波管 1 2 と、この円筒導波管 1 2 に設けられた円偏波変換器 1 3 および負荷整合器 1 4 とから構成されている。

高周波発生器 1 1 は、周波数が 1 G H z ～十数 G H z の範囲内の所定周波数（例えば 2 . 4 5 G H z ）の高周波電磁界 F を発生させ、出力するものである。なお、高周波発生器 1 1 は、マイクロ波帯およびそれより低い周波数帯を含む高周波を出力するものであってもよい。

円偏波変換器 1 3 は、円筒導波管 1 2 を T E₁₁ モードで伝搬する高周波電磁界 F を、その進行方向に対して垂直な面内において、1 周期で 1 回転する回転電磁界に変換するものである。

負荷整合器 14 は、円筒導波管 12 の供給側（高周波発生器 11 側）と負荷側（RLSA15 側）とのインピーダンスの整合をとるものである。

【0021】

RLSA15 は、円筒導波管 12 から導入される高周波電磁界 F を、誘電体板 7 を介して処理容器 1 内に供給するものである。具体的には、ラジアル導波路 21 を形成する互いに平行な 2 つの円形導体板 22, 23 と、これら 2 つの導体板 22, 23 の外周部を接続して高周波電磁界 F をシールドする導体リング 24 とを有している。導体板 22, 23 および導体リング 24 は、銅またはアルミニウムなどの導体で形成されている。

ラジアル導波路 21 の上面となる導体板 22 の中心部には、円筒導波管 12 に接続される開口 25 が形成され、この開口 25 からラジアル導波路 21 内に高周波電磁界 F が導入される。ラジアル導波路 21 の下面となる導体板 23 には、ラジアル導波路 21 内を伝搬する高周波電磁界 F を処理容器 1 内に供給するスロット 26 が複数形成されている。導体板 23 とスロット 26 とからアンテナ面 28 が構成される。

【0022】

アンテナ面 28 上の中心部には、導体または誘電体で形成されたバンプ 27 が設けられている。バンプ 27 は導体板 22 の開口 25 に向かって突出する略円錐形に形成された部材である。このバンプ 27 により、円筒導波管 12 からラジアル導波路 21 へのインピーダンスの変化を緩やかにし、円筒導波管 12 とラジアル導波路 21 との接続部での高周波電磁界 F の反射を低減することができる。

なお、ラジアル導波路 21 内に遅波材を配置してもよい。この遅波材は比誘電率が 1 より大きい誘電体からなり、ラジアル導波路 21 の管内波長 λ_g が短くなるので、アンテナ面 28 の径方向に配置されるスロット 26 を増やし、高周波電磁界 F の供給効率を向上させることが可能である。

【0023】

次に、RLSA15 のアンテナ面 28 について詳述する。ここでは、スロット 26 の長さをラジアル導波路 21 の管内波長 λ_g の $1/2$ 以下とした場合について説明する。

図 2 は、アンテナ面 2 8 の一構成例を示す図である。この図において、(a) は図 1 における II-II' 線方向からみた平面図、(b) はスロット 2 6 の長さの径方向に対する変化を示す図である。図 2 (b) において、横軸はアンテナ面 2 8 の中心 O から径方向の距離であり、縦軸はスロット 2 6 の長さ L である。

【 0 0 2 4 】

図 2 (a) では、周方向にのびるスロット 2 6 が、同心円上に配置されている。

図 2 (b) に示すように、アンテナ面 2 8 の中心部を A、周縁部を B、中心部 A から周縁部 B へ向かう途中の所定位置（以下、第 1 の中間部という）を C で表すと、アンテナ面 2 8 の径方向において、スロット 2 6 の長さ L は、中心部 A の L_1 から単調に増加して第 1 の中間部 C で最大長 L_2 になり、第 1 の中間部 C から周縁部 B まで最大長 L_2 を維持している。したがって、アンテナ面 2 8 の最も内側のスロットから径方向の任意のスロットまで、各スロットの長さがその内側のスロットの長さより長く、前記任意のスロットからアンテナ面 2 8 の最も外側のスロットまで、各スロットの長さが前記任意のスロットの長さと等しくなっている。なお、 $0 < L_1 < L_2 \leq \lambda_g / 2$ である。

【 0 0 2 5 】

スロット 2 6 の近傍におけるラジアル導波路 2 1 内の高周波電磁界 F の電力と、そのスロット 2 6 を介して放射される（またはリークする）高周波電磁界 F の電力（放射電力という）との比を、そのスロット 2 6 の放射係数という。すなわち放射係数は、（放射電力）／（ラジアル導波路 2 1 内の電力）で表され、スロット 2 6 の長さ L が 0（ゼロ）から長くなるにしたがって徐々に大きくなり、 $\lambda_g / 2$ で極大となる。

【 0 0 2 6 】

したがって、スロット 2 6 の長さ L をアンテナ面 2 8 の径方向に対して上述したように変化させると、スロット 2 6 の放射係数はアンテナ面 2 8 の中心部 A から径方向において単調に増加して第 1 の中間部 C で最大値となり、第 1 の中間部 C から周縁部 B まで最大値を維持する。このようにすると、スロットの放射係数をアンテナ面の中心部から周縁部まで単調に増加させた場合と比較して、高周波

電磁界 F がラジアル導波路 21 の中心部から周縁部まで伝搬する間に RLSA 15 から放射される（またはリークする）電力が増大する。したがって、RLSA 15 から放射されずにラジアル導波路 21 内に残る電力は減少するので、ラジアル導波路 21 から円筒導波管 12 を戻る反射電磁界 F1 の反射電力が小さくなる。

【0027】

したがって、負荷整合器 14 によるインピーダンスの整合が容易となり、反射電磁界 F1 の全電力を負荷整合器 14 により再度反射し、RLSA 15 からの反射電磁界 F1 を負荷整合器 14 から RLSA 15 へ向かう反射電磁界 F2 により完全に打ち消すことができる。このため、負荷整合器 14 と RLSA 15 との間に定在波ができず、RLSA 15 のアンテナ面 28 が局所的に発熱し歪むこともないので、RLSA 15 による高周波電磁界 F の放射方向が変化せず、処理容器 1 内に所望のプラズマ分布を形成することができる。

【0028】

ここでは、スロット 26 の長さ L をラジアル導波路 21 の管内波長 λ_g の $1/2$ 以下とした場合について説明したが、スロット 26 の長さ L が式 (4) の範囲であるときも、スロット 26 の長さ L が $(N/2 + 1/4) \times \lambda_g$ から長くなるにしたがって徐々に大きくなり、 $(N+1) \times \lambda_g/2$ で極大となるので、スロット 26 の長さ L を同様に形成することにより、ラジアル導波路 21 から円筒導波管 12 を戻る電力を小さくすることができる。

$$(N/2 + 1/4) \times \lambda_g \leq L \leq (N+1) \times \lambda_g/2 \quad \dots (4)$$

ただし、N は自然数である（以下同じ）。

【0029】

一方、スロット 26 の長さ L が式 (5) の範囲の場合、スロット 26 の放射係数は、スロット 26 の長さ L が $(N/2 + 1/4) \times \lambda_g$ から短くなるにしたがって徐々に大きくなり、 $N \times \lambda_g/2$ で極大となるので、スロット 26 の長さ L を、アンテナ面 28 の径方向において、中心部 A から第 1 の中間部 C まで単調に減少させ、第 1 の中間部 C から周縁部 B まで第 1 の中間部 C での長さ（L の最小長）を維持させる。この場合、アンテナ面 28 の最も内側のスロットから径方向

の任意のスロットまで、各スロットの長さがその内側のスロットの長さより短く、前記任意のスロットからアンテナ面 2 8 の最も外側のスロットまで、各スロットの長さが前記任意のスロットの長さと等しくなっている。

$$N \times \lambda_g / 2 \leq L \leq (N / 2 + 1 / 4) \times \lambda_g \quad \dots (5)$$

【0030】

このようにスロット 2 6 の長さ L を変化させることにより、スロット 2 6 の放射係数がアンテナ面 2 8 の中心部 A から径方向において単調に増加して第 1 の中間部 C で最大値となり、第 1 の中間部 C から周縁部 B まで最大値を維持することとなるので、このような R L S A を用いることにより、ラジアル導波路 2 1 から円筒導波管 1 2 を戻す電力を小さくすることができる。

【0031】

なお、図 2 (b) では、スロット 2 6 の長さ L は A C 間で一次関数的に変化しているが、これに限られるものではない。また、第 1 の中間部 C の位置は、プロセス条件などに応じて適切な位置が選ばれる。

図 2 (a) には、周方向にのびるスロット 2 6 が同心円上に配置されている例を示したが、スロット 2 6 を渦巻き線上に配置してもよいし、径方向にのびるスロット 2 6 を形成してもよい。

また、径方向に隣り合うスロット 2 6 の間隔を λ_g 程度として、R L S A 1 5 を放射型アンテナとしてもよいし、 $\lambda_g / 3 \sim \lambda_g / 40$ 程度としてリーク型アンテナとしてもよい。

【0032】

また、図 3 (a) に示すように、一方のスロット 2 6 A の延長線が、他方のスロット 2 6 B 上またはその延長線上で交差する所謂ハの字スロット、または、図 3 (b) に示すように、互いに長さが異なる 2 本のスロット 2 6 C, 2 6 D が互いの中心で交差するクロススロットを、アンテナ面 2 8 に複数形成し、処理容器 1 内に円偏波を放射するようにしもよい。

スロット 2 6 の平面形状は、図 4 (a) に示すような矩形でもよいし、図 4 (b) に示すような平行二直線の両端を円弧などの曲線でつないだ形状であってもよい。また、図 4 (c) または図 4 (d) に示すように、図 4 (a) の矩形の長

辺または図4（b）の平行二直線を円弧状にした形状でもよい。スロットの長さLとは、図4（a）では矩形の長辺の長さであり、図4（b）では平行二直線の長さである。なお、スロット26の幅Wは、ラジアル導波路33内の高周波電磁界Fへの影響およびその管内波長などを考慮して、2mm程度とするとよい。

【0033】

（第2の実施の形態）

次に、図5を参照し、本発明にかかるプラズマ処理装置の第2の実施の形態について説明する。図5は、この形態で用いられるRLSAのアンテナ面の一構成例を示す図である。この図において、（a）は図2（a）に対応する平面図、（b）はスロットの長さの径方向に対する変化を示す図である。この図では、図2と同一部分または相当部分を同一符号で示しており、その説明を適宜省略する。

【0034】

図5に示すように、アンテナ面128の第1の中間部Cから周縁部Bへ向かう途中の所定位置（以下、第2の中間部という）をDで表すと、アンテナ面128の径方向において、スロット126の長さLは、中心部AのL1から単調に増加して第1の中間部Cで最大長L2になり、第1の中間部Cから第2の中間部Dまで最大長L2を維持し、第2の中間部Dから周縁部Bまで単調に減少している。したがって、アンテナ面128の最も内側のスロットから径方向の第1の中間部Cのスロットまで、各スロットの長さがその内側のスロットの長さより長く、第1の中間部Cのスロットから径方向の第2の中間部Dのスロットまで、各スロットの長さが第1の中間部Cのスロットの長さと同しく、第2の中間部Dのスロットから径方向の最も外側のスロットまで、各スロットの長さがその内側のスロットの長さより短くなっている。

【0035】

スロット126の長さLをラジアル導波路21の管内波長 λ_g の $1/2$ 以下とした場合、アンテナ面128の周縁部付近で、中心部Aから第1の中間部Cまでとは逆にスロット126の長さLを単調に減少させることにより、スロット126の放射係数も単調に減少し、周縁部付近における高周波電磁界Fの放射電力が低減される。その結果、処理容器1の側壁付近の電界強度が弱まり、プラズマガ

スの電離によるプラズマ生成が抑制される。したがって、処理容器 1 内の側壁付近でのプラズマ密度が高密度となる場合には、これを低下させ、プラズマ P が処理容器 1 の側壁に接触して金属表面をスパッターすることによって起こる処理容器 1 内の汚染を低減することができる。

【0036】

ここでは、スロット 126 の長さ L をラジアル導波路 21 の管内波長 λ_g の $1/2$ 以下とした場合について説明したが、スロット 126 の長さ L を上記式 (4) の範囲で形成する場合でも同様である。

【0037】

一方、スロット 126 の長さ L を上記式 (5) の範囲で形成する場合には、逆に、アンテナ面 128 の径方向において、スロット 126 の長さ L が、中心部 A から第 1 の中間部 C まで単調に減少させ、第 1 の中間部 C から第 2 の中間部 D まで第 1 の中間部 C での長さ (L の最小長) を維持させ、第 2 の中間部 D から周縁部 B まで単調に増加させる。この場合、アンテナ面 128 の最も内側のスロットから径方向の第 1 の中間部 C のスロットまで、各スロットの長さがその内側のスロットの長さより短く、第 1 の中間部 C のスロットから径方向の第 2 の中間部 D のスロットまで、各スロットの長さが第 1 の中間部 C のスロットの長さと同しく、第 2 の中間部 D のスロットから径方向の最も外側のスロットまで、各スロットの長さがその内側のスロットの長さより長くなる。このようにスロット 126 の長さ L を変化させることにより、アンテナ面 128 の周縁部付近で、スロット 126 の放射係数が単調に減少するので、処理容器 1 内の汚染を低減することができる。

【0038】

なお、図 5 (b) では、スロット 126 の長さ L は、DB 間で一次関数的に変化しているが、これに限られるものではない。また、スロット 126 の長さ L は、周縁部 B で L_1 まで減少しているが、必ずしも L_1 まで減少させる必要はない。また、第 2 の中間部 D の位置は、プロセス条件などに応じて適切な位置が選ばれる。

【0039】

図 1, 2, 5 において、アンテナ面 2 8, 1 2 8 は平板状であるが、図 6 に示すように、アンテナ面 2 2 8 A が円錐面状をしていてもよい。円錐面状をしたアンテナ面 2 2 8 A から放射される（またはリークする）高周波電磁界 F は、平板状をした誘電体板 7 によって規定されるプラズマ面に対して斜め方向から入射されることになる。このため、プラズマ P による高周波電磁界 F の吸収効率が向上するので、アンテナ面 2 2 8 A とプラズマ面との間に存在する定在波を弱め、プラズマ分布の均一性を向上させることができる。

アンテナ面 2 2 8 A は、上に凸の円錐面状をしているが、図 7 に示すように下に凸の円錐面状をしたアンテナ面 2 2 8 B を用いることもできる。また、アンテナ面 2 2 8 A, 2 2 8 B は、円錐面状以外の凸形状であってもよい。

【 0 0 4 0 】

本発明のプラズマ装置は、エッチング装置、プラズマ C V D 装置、アッシング装置などに利用することができる。

【 0 0 4 1 】

【発明の効果】

以上説明したように、本発明では、スロットアンテナのスロットの放射係数をアンテナ面の中心部から径方向において単調に増加させ第 1 の中間部で最大値とし、第 1 の中間部から周縁部へ向けて最大値を維持させることにより、スロットの放射係数をアンテナ面の中心部から周縁部まで単調に増加させた場合と比較して、スロットアンテナによる放射電力が増大する。したがって、スロットアンテナから放射されずにスロットアンテナ内に残る電力は減少するので、スロットアンテナに高周波電磁界を供給する給電部への反射電力は小さくなる。したがって、反射電力の増大によりアンテナ面が局所的に発熱し歪むことを防止することができる。よって、スロットアンテナによる高周波電磁界の放射方向が変化せず、処理容器内に所望のプラズマ分布を形成することができる。

【 0 0 4 2 】

また、処理容器内の側壁付近でのプラズマ密度がより高密度となる場合は、スロットの放射係数を第 2 の中間部から周縁部まで単調に減少させ、周縁部付近における高周波電磁界の放射電力を低減することにより、処理容器の側壁付近での

プラズマ生成を抑制し、プラズマが処理容器の側壁内面に接触してスパッターすることによって起こる汚染を低減することができる。

【図面の簡単な説明】

【図 1】 本発明にかかるプラズマ処理装置の第 1 の実施の形態の全体構成を示す図である。

【図 2】 ラジアルラインスロットアンテナのアンテナ面の一構成例を示す図である。

【図 3】 ハの字スロットおよびクロススロットの一例を示す図である。

【図 4】 アンテナ面に形成されるスロットの形状の例を示す図である。

【図 5】 本発明にかかるプラズマ処理装置の第 1 の実施の形態で用いられるスロットアンテナのアンテナ面の一構成例を示す図である。

【図 6】 上に凸の円錐面状をしたアンテナ面を有するラジアルラインスロットアンテナの構成を示す図である。

【図 7】 下に凸の円錐面状をしたアンテナ面の構成を示す斜視図である。

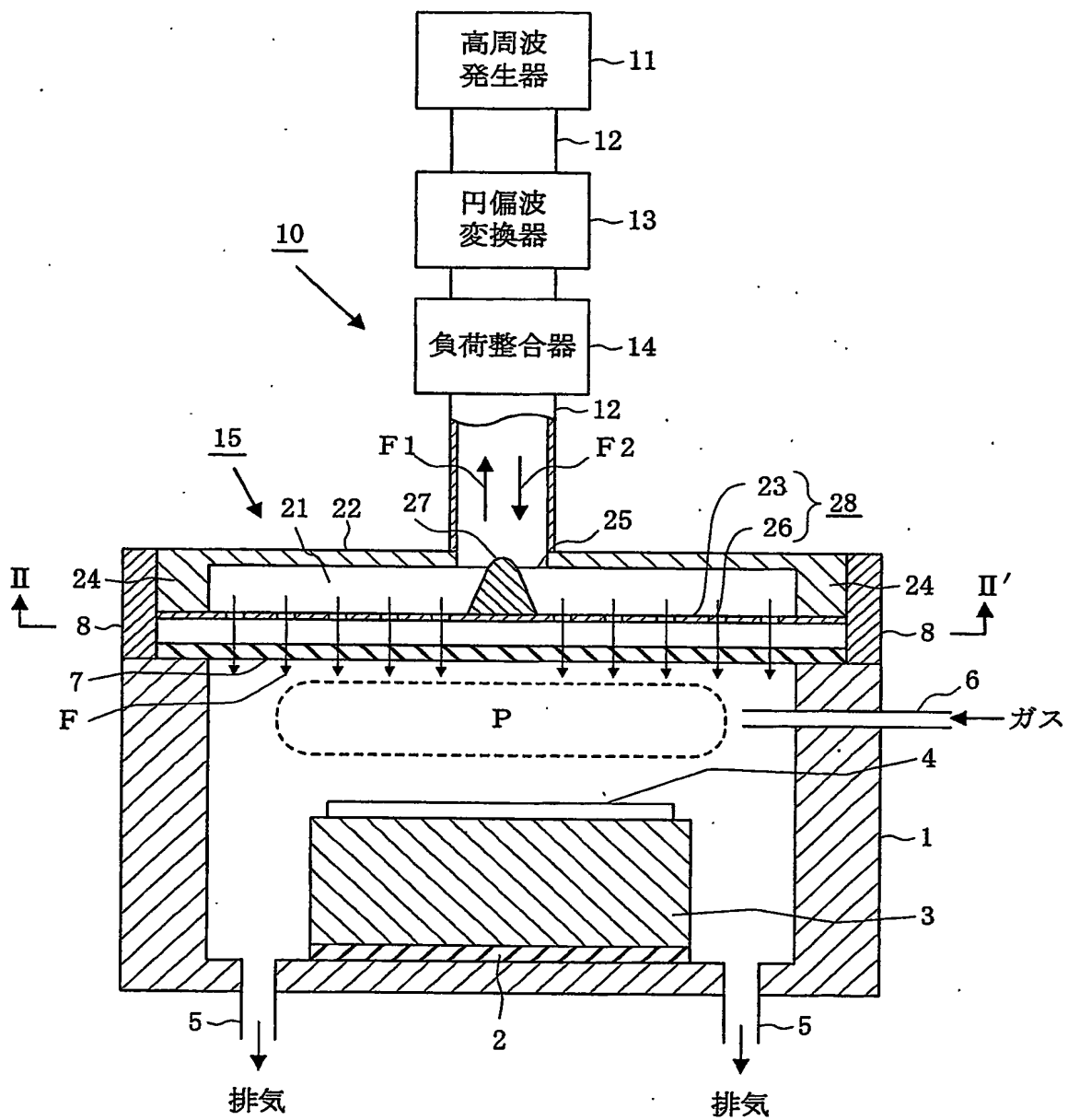
【図 8】 従来の電磁界供給装置の一構成例を示す図である。

【符号の説明】

1…処理容器、2…絶縁板、3…基板台、4…基板（被処理体）、5…排気口、6…ガス導入用ノズル、7…誘電体板、8…シールド材、10…電磁界供給装置、11…高周波発生器、12…円筒導波管、13…円偏波変換器、14…負荷整合器、15，215…ラジアルラインスロットアンテナ、21，221…ラジアル導波路、22，23，222，223A，223B…円形導体板、24，244…リング部材、25，225…開口、26，26A～26D，126，226…スロット、27…パンプ、28，128，228…アンテナ面、A…中心部、B…周縁部、C，D…中間部、F…高周波電磁界、F1，F2…反射電磁界、L…スロットの長さ、P…プラズマ、W…スロットの幅。

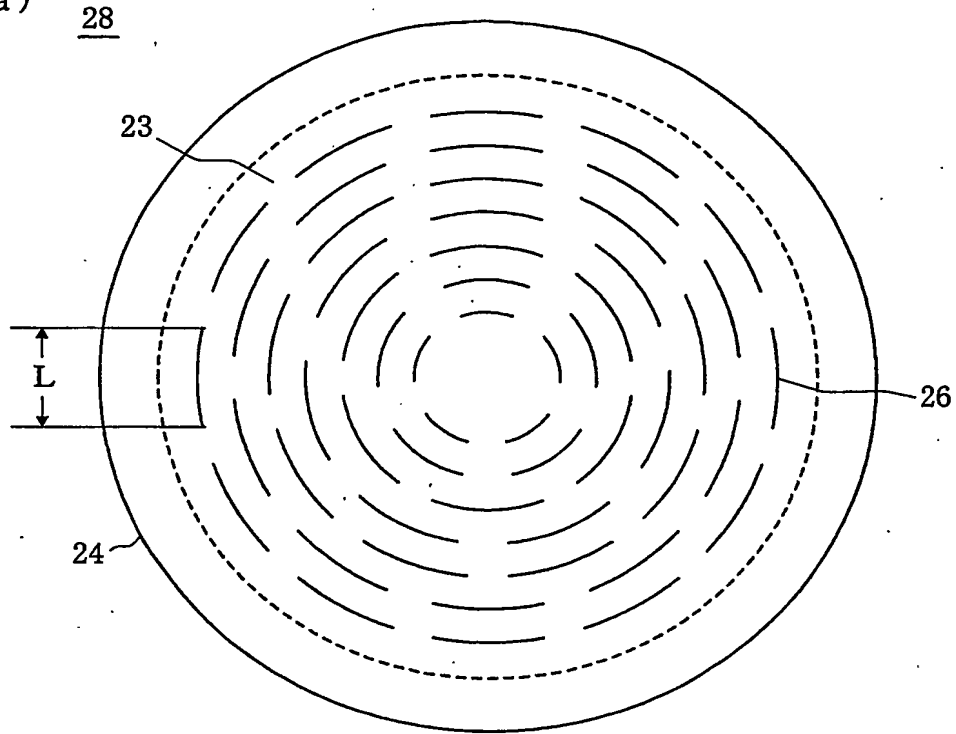
【書類名】 図面

【図 1】



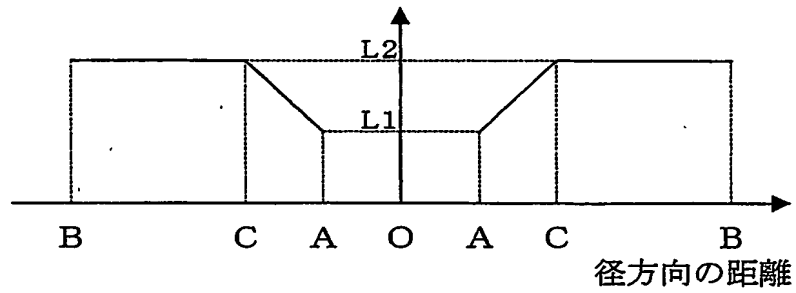
【図 2】

(a)

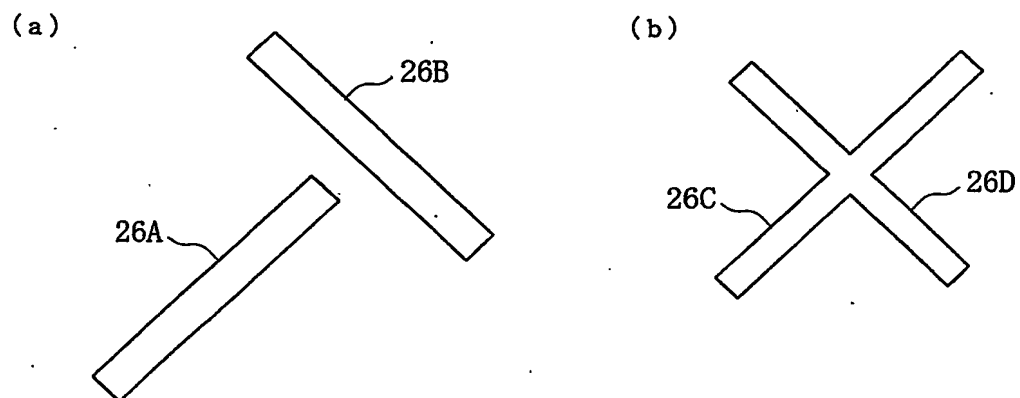


(b)

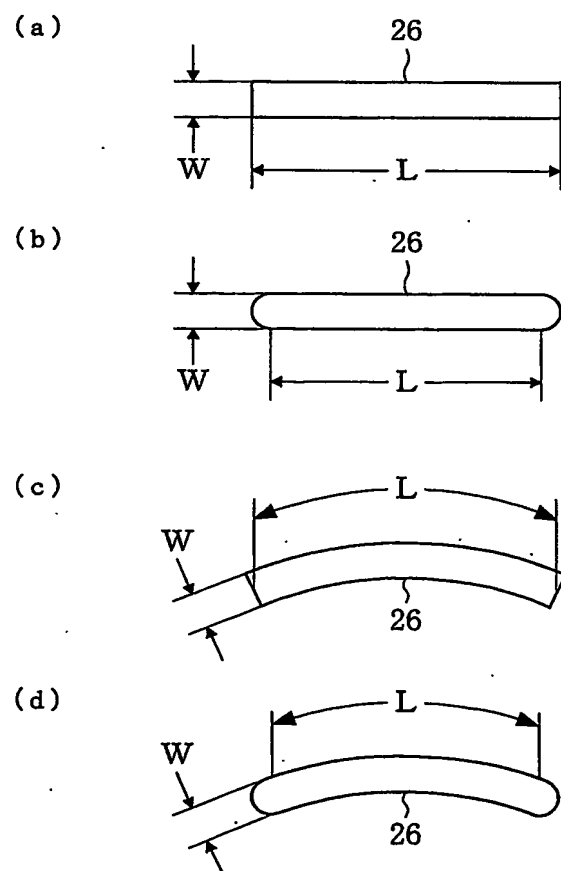
スロット26の長さL



【図 3】



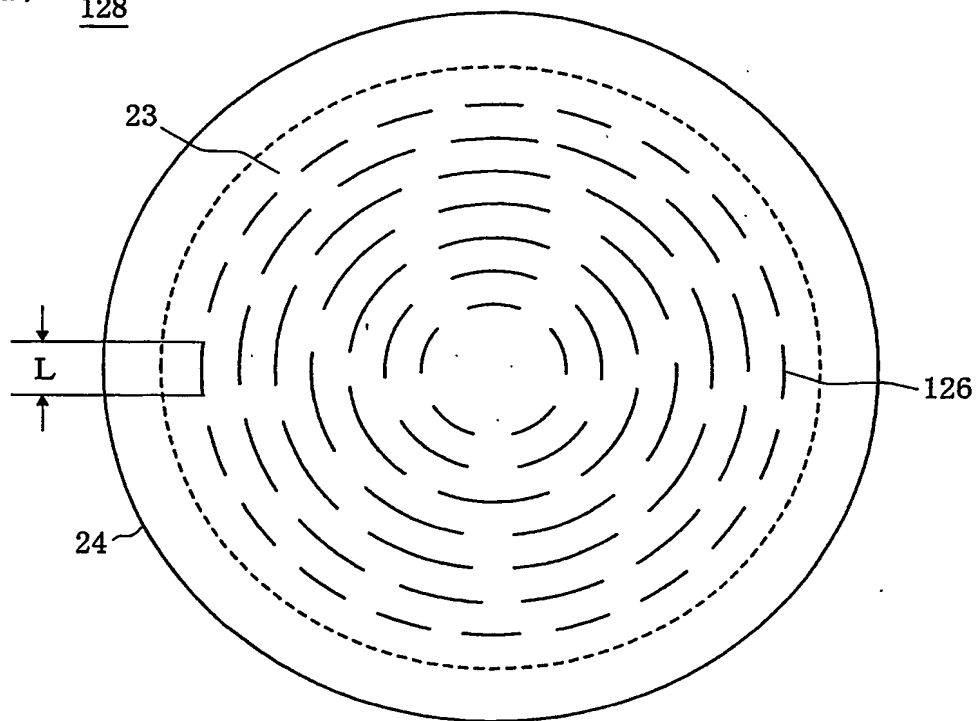
【図 4】



【図 5】

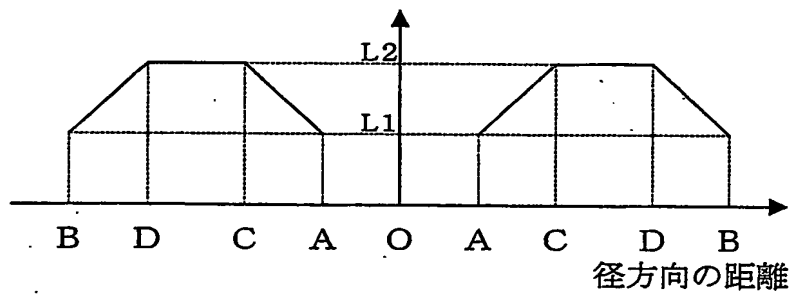
(a)

128



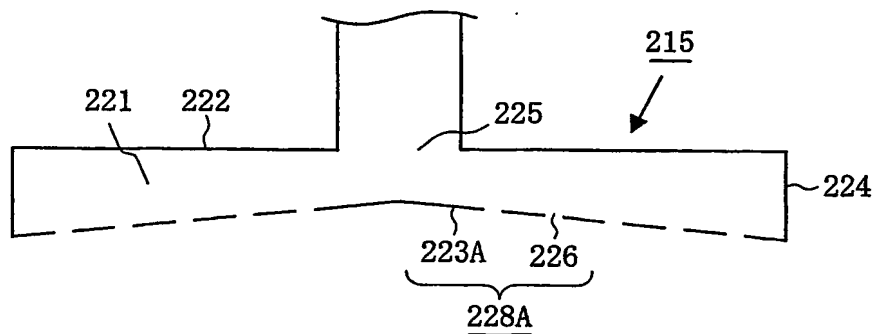
(b)

スロット126の長さL

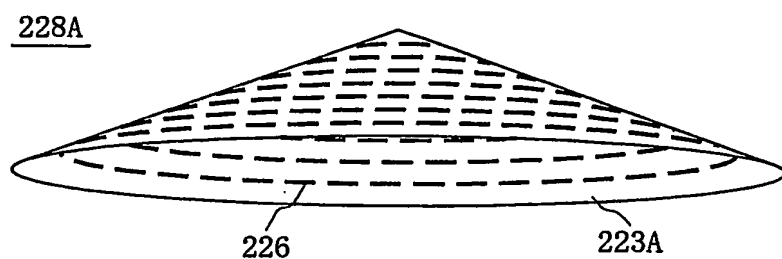


【図 6】

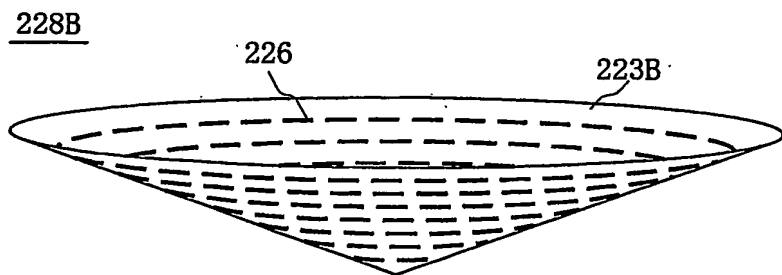
(a)



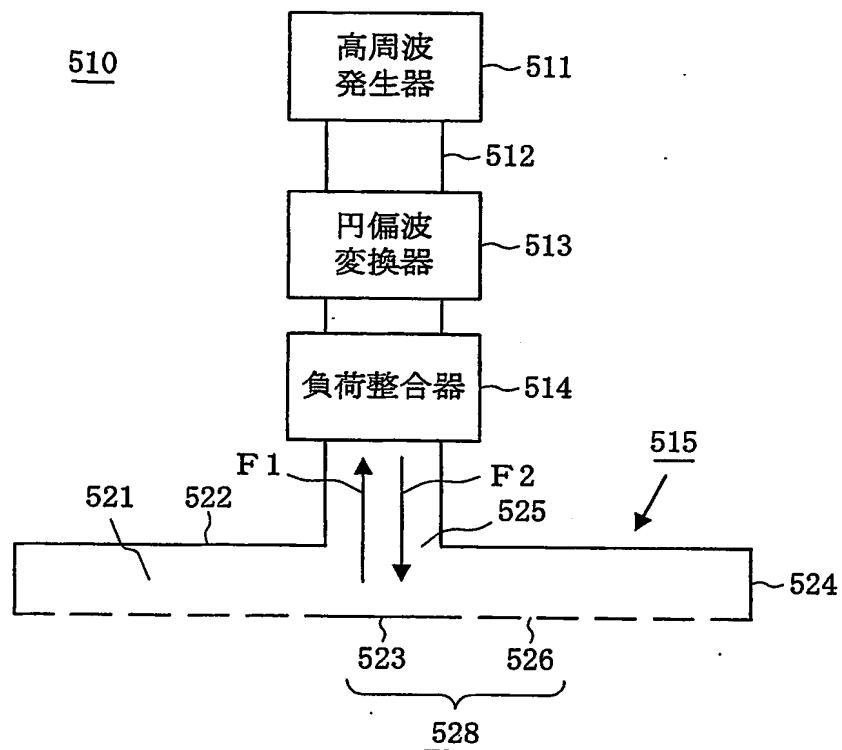
(b)



【図 7】



【図 8】



【書類名】 要約書

【要約】

【課題】 スロットアンテナからの反射電力を低減する。

【解決手段】 スロット 2 6 の長さ L を、アンテナ面 2 8 の中心部 A から径方向に単調に増加させ第 1 の中間部 C で最大長とし、第 1 の中間部 C から周縁部 B まで最大長を維持させることにより、アンテナ面 2 8 の中心部から周縁部まで単調に増加させた場合と比較して、スロットアンテナによる放射電力を増大させることができる。これにより、スロットアンテナから放射されずにスロットアンテナ内に残る電力が減少するので、スロットアンテナからの反射電力は小さくなる。

【選択図】 図 2

職権訂正履歴（職権訂正）

特許出願の番号	特願2002-066518
受付番号	50200341847
書類名	特許願
担当官	伊藤 雅美 2132
作成日	平成14年 5月16日

<訂正内容1>

訂正ドキュメント

書誌

訂正原因

職権による訂正

訂正メモ

【特許出願人】 の欄に記載された

「【住所又は居所】 501023030」を

「【識別番号】 501023030」と記録しました。

訂正前内容

【特許出願人】

【住所又は居所】 501023030

【氏名又は名称】 高橋 応明

訂正後内容

【特許出願人】

【識別番号】 501023030

【氏名又は名称】 高橋 応明

認定・付加情報

特許出願の番号	特願 2002-066518
受付番号	50200341847
書類名	特許願
担当官	第一担当上席 0090
作成日	平成14年 6月11日

<認定情報・付加情報>

【特許出願人】

【識別番号】	000219967
【住所又は居所】	東京都港区赤坂5丁目3番6号
【氏名又は名称】	東京エレクトロン株式会社

【特許出願人】

【識別番号】	599019546
【住所又は居所】	京都府宇治市木幡須留5-107
【氏名又は名称】	八坂 保能

【特許出願人】

【識別番号】	501023030
【住所又は居所】	千葉県八千代市緑が丘五丁目4番12号
【氏名又は名称】	高橋 応明

【特許出願人】

【識別番号】	000117674
【住所又は居所】	神奈川県川崎市幸区小倉1番地1-I-312
【氏名又は名称】	安藤 真

【代理人】

申請人	
【識別番号】	100064621
【住所又は居所】	東京都千代田区永田町2丁目4番2号 秀和溜池ビル8階山川国際特許事務所内
【氏名又は名称】	山川 政樹

出 願 人 履 歴 情 報

識別番号 [000219967]

1. 変更年月日 1994年 9月 5日

[変更理由] 住所変更

住 所 東京都港区赤坂5丁目3番6号

氏 名 東京エレクトロン株式会社

出 願 人 履 歴 情 報

識別番号 [599019546]

1. 変更年月日	1999年 2月10日
[変更理由]	新規登録
住 所	京都府宇治市木幡須留5-107
氏 名	八坂 保能

出 願 人 履 歴 情 報

識別番号 [000117674]

1. 変更年月日 1990年 8月22日

[変更理由] 新規登録

住 所 神奈川県川崎市幸区小倉1番地1-I-312
氏 名 安藤 真

出 願 人 履 歴 情 報

識別番号 [501023030]

1. 変更年月日 2001年 1月18日

[変更理由] 新規登録

住 所 千葉県八千代市緑が丘五丁目4番12号
氏 名 高橋 応明

**This Page is Inserted by IFW Indexing and Scanning
Operations and is not part of the Official Record**

BEST AVAILABLE IMAGES

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images include but are not limited to the items checked:

- ☐ **BLACK BORDERS**
- ☐ **IMAGE CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES**
- ☐ **FADED TEXT OR DRAWING**
- ☐ **BLURRED OR ILLEGIBLE TEXT OR DRAWING**
- ☐ **SKEWED/SLANTED IMAGES**
- ☐ **COLOR OR BLACK AND WHITE PHOTOGRAPHS**
- ☐ **GRAY SCALE DOCUMENTS**
- ☒ **LINES OR MARKS ON ORIGINAL DOCUMENT**
- ☐ **REFERENCE(S) OR EXHIBIT(S) SUBMITTED ARE POOR QUALITY**
- ☐ **OTHER:** _____

IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.

As rescanning these documents will not correct the image problems checked, please do not report these problems to the IFW Image Problem Mailbox.